

# **Tutorial Componentes**

Angel Abusleme Hoffman

aabuslem@ing.puc.cl

I. Introducción.....	2
II. Componentes Pasivos.....	3
2.1 Resistencias.....	3
2.1.1 Resistencias Fijas .....	3
2.1.2 Resistencias Variables .....	6
2.1.3 Potenciómetros de 1 Vuelta .....	6
2.1.4 Potenciómetros de 15 y 25 Vueltas.....	7
2.2 Condensadores .....	7
2.2.1 Condensadores de Mica .....	8
2.2.2 Condensadores de Poliestireno .....	8
2.2.3 Condensadores Cerámicos .....	9
2.2.4 Condensadores Electrolíticos.....	9
2.2.5 Condensadores de Tantalio .....	9
2.3 Inductancias .....	10
2.4 Diodos .....	11
2.4.1 Diodos Rectificadores.....	11
2.4.2 Diodos Zener.....	11
2.4.3 Diodos Shottky.....	12
III. Transistores .....	12
3.1 Transistores Bipolares.....	12
3.1.1 Transistores de Baja Potencia .....	13
3.1.2 Transistores Darlington.....	13
3.1.3 Transistores de Potencia .....	14
3.2 Field Effect Transistors.....	14
3.2.1 JFET .....	15
3.2.2 MOSFET .....	15
3.3 Tiristores .....	15
3.3.1 SCR y TRIAC .....	16
3.3.2 IGBT .....	16
IV. Circuitos Integrados.....	16
4.1 Circuitos Integrados Lógicos .....	17
4.2 Microcontroladores y DSP.....	18
4.3 Otros circuitos integrados .....	19
V. Optoelectrónica .....	20
5.1 LED.....	20
5.1.1 LED de luz visible .....	20
5.1.2 LED de luz infrarroja.....	21
5.1.3 Diodos láser .....	22
5.2 Sensores ópticos.....	22
5.2.1 Fotodiodos .....	22

5.2.2 Fototransistores .....	23
5.2.3 Fotorresistencias .....	24
5.2.4 Cámaras CCD .....	24
5.3 Optocuplas .....	25
VI. Sensores Electrónicos .....	26
6.1 Acelerómetros .....	26
6.2 Sensores de presión.....	27
6.3 Sensores de efecto Hall.....	27
6.4 Sensores de temperatura .....	28
6.4.1 Termocuplas.....	28
6.4.2 Termistores .....	28
6.5 Sensores de Gas .....	29
VII. Conectores y Disipadores.....	29
7.1 Conectores.....	29
7.2 Disipadores .....	31
VIII. Relés.....	31
IX. Búsqueda de Literatura de Componentes Electrónicas .....	32
X. Lugares de Adquisición de Componentes.....	34

## I. Introducción

Una vez que se ha diseñado un circuito electrónico y se quiere llevar a la práctica, es necesario seleccionar las componentes genéricas que se incluirán en el prototipo. Esta labor no es tan sencilla, ya que muchas veces no se conocen todas las alternativas que permitirían un mejor desempeño eléctrico o mecánico, o no se tienen en consideración las diferencias existentes entre distintas tecnologías de fabricación para componentes de desempeño similar. Incluso al momento de diseñar un circuito, muchas veces no se conocen las alternativas que integran un gran número de chips en una sola pastilla. Lo ideal en este caso es que el alumno conozca todas las posibilidades en elementos pasivos, activos y conectores. Esto es imposible, ya que el número de componentes disponibles en el mercado es virtualmente ilimitado. Por lo tanto, el objetivo de este tutorial no es entregar al alumno los conocimientos de todas las componentes electrónicas existentes, sino más bien darle una pincelada de las posibilidades que tiene al armar un circuito, y otorgarle las herramientas necesarias para que, teniendo la inquietud de buscar componentes, sepa dónde encontrarlas y adquirirlas.

Este tutorial analiza diferentes tipos de componentes genéricas, profundizando en aquellos temas importantes relacionados con su funcionamiento. Es difícil clasificarlas todas de acuerdo con criterios estrictos, por lo que se ha intentado realizar una clasificación orientada a un mejor entendimiento. También se estudian los medios para buscar componentes y los lugares donde éstas pueden ser adquiridas.

## **II. Componentes Pasivos**

En este acápite se analizan los diferentes tipos de resistencias, condensadores, inductancias y diodos que pueden ser empleados en un circuito electrónico. Se estudian los temas técnicos más importantes relacionados con su empleo en circuitos electrónicos.

### **2.1 Resistencias**

Existen diversos tipos de resistencias, fijas y variables, para las diferentes aplicaciones en electrónica. Todas ellas deben cumplir una relación lineal entre el voltaje y la corriente, y tener una sensibilidad mínima (idealmente, nula) ante cambios en la temperatura. También deben ser capaces de disipar una cierta potencia sin sufrir daños. Todos estos parámetros definen el tipo de resistencia que ha de emplearse. Los tipos más comunes se detallan a continuación.

#### **2.1.1 Resistencias Fijas**

Son resistencias cuyo valor no puede ser variado. La tecnología de fabricación de resistencias fijas es similar para todas ellas. Consisten en un cilindro de material aislante en torno al cual se enrolla un alambre conductor (*wire wound resistor*) o una película de carbón (*carbon film resistor*, las más comunes). El conjunto se recubre con un material especial, capaz de soportar altas temperaturas. Los tres parámetros que las definen son valor ( $\Omega$ ), potencia (W) y tolerancia (%).

## Valor y Tolerancia

Las resistencias son fabricadas en un número finito de valores, que depende de su serie. Existen series de fabricación E12 (12 valores por década), E24 (24 valores por década), E96 (96 valores por década), etc. A continuación se detallan los valores típicos para cada década de la serie E24:

1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0
3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.6	8.2	9.1

El valor de una resistencia aparece escrito en su superficie (si la resistencia es lo suficientemente grande) o catalogado según un código de colores standard. Este último consiste en 4 colores. Los 2 primeros representan su valor, el tercero simboliza la década ( $10^x$ ), y el último representa la tolerancia. Los colores empleados son los siguientes:

Negro	0
Café	1
Rojo	2
Naranja	3
Amarillo	4
Verde	5
Azul	6
Lila	7
Gris	8
Blanco	9
Plateado	10%
Dorado	5%

Ejemplo de lectura de código de resistencias: Supongamos que los colores son café, naranja, rojo y dorado. Esta resistencia se lee:

Café=1	Naranja=3	Rojo=2
1	3	$10^2$

El valor de la resistencia es  $13 \cdot 10^2 = 13 \cdot 100 = 1300 \, \Omega = 1.3 \, \text{k}\Omega$ , y con una tolerancia de un 5%.

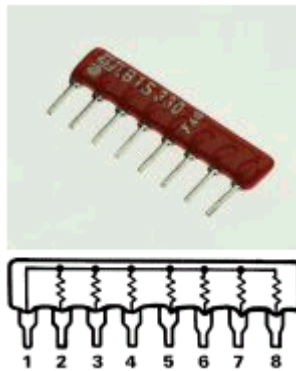
## Potencia

Las resistencias pueden disipar un máximo de potencia dependiendo de su tamaño y material de confección. Por ejemplo, las resistencias de carbón están disponibles en potencias de 1/8W, 1/4W, 1/2W, 1W, 2W, 4W.

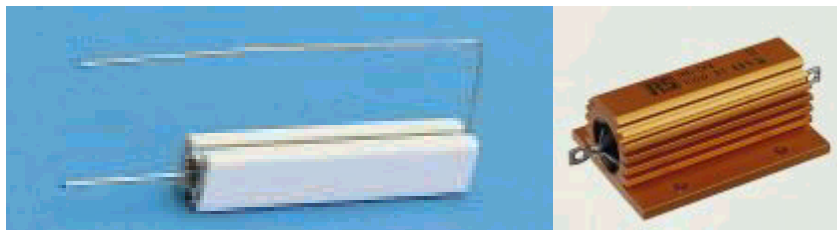


Estas resistencias pueden ser adquiridas en las tiendas de electrónica chilenas por un valor cercano a los 5 pesos por unidad.

Existen arreglos de resistencias, con capacidad de disipar 200mW por cada unidad. Estos arreglos permiten reducir el espacio, sobre todo en aquellas aplicaciones que utilizan arreglos de LEDs como despliegue.



Existen resistencias con un mayor poder de disipación, recubiertas con cerámica o aluminio. Las cerámicas se fabrican para potencias de 2W, 5W, 11W, 17W, etc., y las de aluminio, para potencias de 50W a 100W. Existen además otras resistencias que no se mencionan en este tutorial, pero pueden ser encontradas en los catálogos de diferentes distribuidores de componentes electrónicos.



### 2.1.2 Resistencias Variables

Estas resistencias consisten en una pista circular de carbón con un contacto fijo en un extremo, y otro contacto ajustable que define el valor de la resistencia entre un mínimo y un máximo, según el punto de contacto sobre la pista de carbón. Estas resistencias están definidas por el máximo valor que pueden presentar ( $1k\Omega$ ,  $5k\Omega$ ,  $10k\Omega$ ,  $100k\Omega$ , etc.). Su resolución depende de la calidad de su fabricación, y su empleo se restringe a aquellos casos en los que se requiere sintonizar un circuito sólo una vez. Para ello se mueve el contacto ajustable empleando un pequeño destornillador.



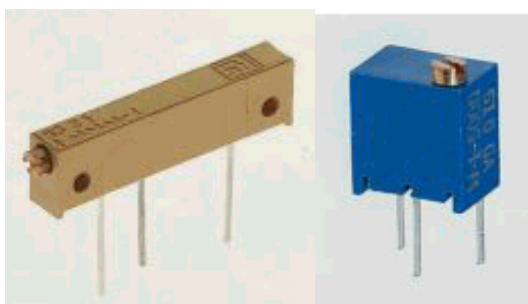
### 2.1.3 Potenciómetros de 1 Vuelta

Estas componentes son similares a las resistencias variables en cuanto a fabricación, ya que poseen una pista de carbón con dos terminales fijos en los extremos, y un tercer terminal ajustable entre ambos. Estos dispositivos están orientados a realizar ajustes de parámetros (volumen, nivel, etc.), por lo que requieren ser más robustos para soportar miles de ciclos. Su ajuste se realiza mediante una perilla, y su valor aparece en la carcasa, antepuesto por una A (logarítmico) o una B (lineal).



### 2.1.4 Potenciómetros de 15 y 25 Vueltas

Este tipo de potenciómetros está orientado a la sintonización de parámetros durante la prueba de un circuito; a diferencia de las resistencias variables, su resolución es mucho mayor, ya que recorren el rango de resistencia en 15 o 25 vueltas. Estos dispositivos son de excelente calidad, y su costo es elevado en comparación con las resistencias variables (\$200 a \$600 en Victronics). Su encapsulado es plástico, y sobre él aparece codificado su valor mediante 3 dígitos: los 2 primeros representan el valor, y el tercero, la década. Por ejemplo, 502 significa  $50 \cdot 10^2 = 5000 \, \Omega = 50 \, \text{k}\Omega$  entre los terminales fijos.



Además de las componentes estudiadas en este acápite, existen muchas que pueden aplicarse de un mejor modo en un circuito particular (reóstatos de laboratorio, potenciómetros deslizantes, termistores, etc.). Queda en el lector la tarea de analizar los catálogos de diferentes distribuidores electrónicos para conocer más al respecto.

## 2.2 Condensadores

Los condensadores comerciales para circuitos electrónicos se diferencian según su capacidad, su voltaje máximo y su tipo. Este último parámetro permite seleccionar el mejor condensador disponible para cada aplicación. Hay tipos de condensadores sensibles a la polaridad; hay otros que se caracterizan por sus bajas corrientes de pérdidas, etc. Son relativamente fáciles de destruir, aplicándoles voltajes mayores de los que soportan o invirtiendo su polaridad.

En general, el valor del condensador aparece rotulado en su cubierta, ya sea con el valor escrito explícitamente (ejemplo:  $4.7\mu\text{F}$ ) o codificado mediante 3 números y una letra.

En este caso, los dos primeros indican el valor, y el tercero, la década. La unidad básica, en este caso, el picofaradio (pF); por lo tanto, un condensador rotulado como 154 significa que tiene  $15 \cdot 10^4$  pF, es decir, 150000 pF, o dicho de otro modo, 150 nF o 0.15  $\mu$ F. La letra que sigue a los dígitos indica la tolerancia: K= $\pm 10\%$ ; M= $\pm 20\%$ ; Z= $+80\%/-20\%$

A continuación se detallan los tipos de condensadores más comunes en el mercado.

### 2.2.1 Condensadores de Mica

La mica es un mineral hecho de complejos silicatos de aluminio-potasio. Estos condensadores son de propósito general, dada su alta estabilidad y baja disipación. No se producen en grandes capacidades, debido al alto costo de la mica.



### 2.2.2 Condensadores de Poliestireno

Estos condensadores tienen muy pocas pérdidas (gran resistencia de aislante), y por lo tanto, sus aplicaciones naturales son la mantención de la carga, los filtros, *timing* y aplicaciones de radiofrecuencia. Tienen excelente funcionamiento a altas frecuencias, y su tolerancia típica puede ser de 1%. Uno de sus terminales está normalmente marcado para indicar que está conectado internamente a un blindaje (propósitos de RF). Estos condensadores no son fáciles de encontrar en Chile.



### 2.2.3 Condensadores Cerámicos

Este tipo de condensadores es muy común, dado que sirven bien para cualquier propósito. Normalmente se emplean en aplicaciones de desacoplado. Tienen tolerancias típicas de +80%/-20%. Estos condensadores pueden ser encontrados en las tiendas de electrónica en Chile.



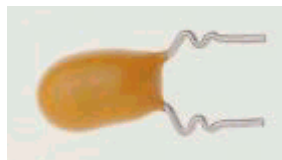
### 2.2.4 Condensadores Electrolíticos

Este tipo de condensadores permite capacidades mayores ( $1\mu\text{F}$  a  $50\text{ mF}$ ). En general, son sensibles a la polaridad. El terminal más corto marca el de menor potencial. Se caracterizan por no soportar mucho voltaje ( $25\text{V}$  típico) y tener altas corrientes de pérdida. Estos condensadores pueden emplearse en fuentes continuas que requieran altas corrientes de salida. Estos condensadores se encuentran fácilmente en las tiendas de electrónica en Chile.



### 2.2.5 Condensadores de Tantalio

Tienen propiedades similares que los condensadores electrolíticos, con la diferencia que sus corrientes de pérdidas son mucho menores. El costo de estos condensadores, por lo tanto, es mayor. Es difícil conseguirlos en Chile, por lo que muchas empresas que trabajan con ellos tienen que encargarlos al extranjero.



Además de los condensadores antes mencionados, existen condensadores de poliéster, polipropileno, redes de condensadores, condensadores variables, etc. Éstos pueden ser encontrados en diferentes catálogos de componentes electrónicos.

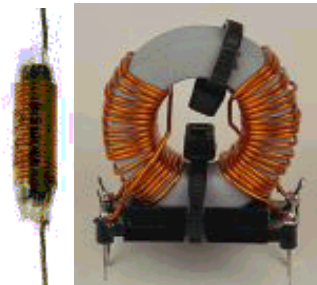
### **2.3 Inductancias**

Las inductancias reales se diferencian mucho de las ideales, ya que presentan resistencia y capacidad no despreciables. Por este motivo, sólo se emplean en circuitos reales cuando son indispensables, en ciertos tipos de filtros y circuitos sintonizados.

Existen inductancias comerciales de bajo valor (mH). Su apariencia es similar a la de las resistencias, y el código de colores empleado en su identificación es el mismo.



También pueden construirse inductancias mayores, hechas a la medida del circuito. En general, esta técnica es relativamente complicada, ya que las ecuaciones que modelan estos dispositivos no siempre funcionan como es esperado. Existen a la venta núcleos de ferrita especiales para el diseño de este tipo de inductancias. Mediante estos núcleos y un trozo de alambre esmaltado es posible diseñar inductancias de valores medios, ajustando su valor mediante prueba y error. Este tema va más allá de los contenidos de este tutorial.

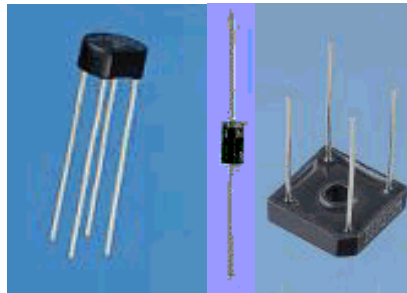


## 2.4 Diodos

La característica no lineal de los diodos permite su empleo en una gran cantidad de aplicaciones diversas. Existen, por ejemplo, diodos rectificadores, diodos limitadores de corriente, diodos zener, diodos de radiofrecuencia, diodos de germanio, etc. Sólo algunos de éstos serán tratados en este tutorial. Los LEDs, fotodiodos y otros dispositivos ópticos serán tratados en el acápite de Optoelectrónica.

### 2.4.1 Diodos Rectificadores

Estos diodos se utilizan para convertir corriente alterna en corriente continua. Son de silicio, por lo que presentan una caída de tensión típica de 0.7 V. El más común de estos diodos, el 1N4007, aguanta 1 A y una tensión inversa de 1000 V (esto no significa que pueden disipar 1 kW; 1 A y 0.7 V disipan 0.7 W). Existen además arreglos de diodos en configuración de puente rectificador. Todos estos dispositivos pueden ser adquiridos en Chile.



### 2.4.2 Diodos Zener

Los diodos zener se caracterizan por tener un voltaje de ruptura muy bajo, al cual puede ser sometido sin sufrir daños. Esto significa que, polarizado en forma inversa, mantiene una tensión constante entre ánodo y cátodo, por lo que se utiliza normalmente como referencia de voltaje.

### 2.4.3 Diodos Shottky

Estos diodos pueden conmutar a frecuencias tan altas como 300 MHz, por lo que se pueden emplear como rectificadores a alta frecuencia (un diodo normal llega a 10 MHz).

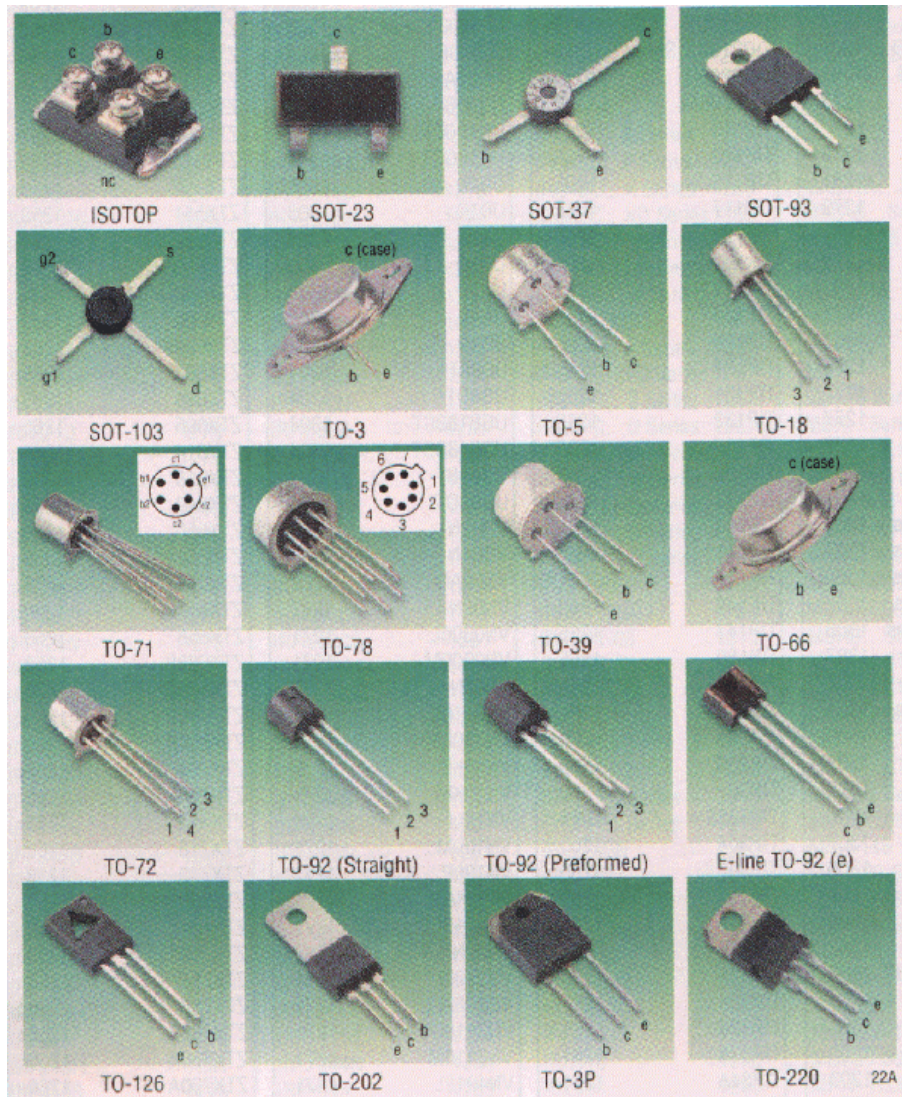
## III. Transistores

En este acápite se realiza un breve repaso de aquellas componentes electrónicas discretas que permiten el control de corrientes eléctricas. En particular, se analizan brevemente los transistores bipolares, transistores de efecto de campo, transistores bipolares de compuerta aislada, etc.

### 3.1 *Transistores Bipolares*

La tecnología de los transistores bipolares se remonta a diciembre de 1947, cuando los ingenieros John Bardeen, William Shockley y Walter Brattain de la Bell Laboratories inventaron el primer transistor de unión, antecesor de los contemporáneos. El transistor reemplazó los tubos de vacío, reduciendo de un modo formidable el tamaño de los circuitos, mejorando su rendimiento y durabilidad. Si bien el transistor bipolar ha sido reemplazado en muchas aplicaciones por MOSFET's y otros dispositivos, sigue siendo una componente de uso masivo en prácticamente cualquier circuito electrónico.

Existen muchos tipos de transistores bipolares, y sus diferencias son básicamente la potencia que son capaces de manejar y disipar, su ganancia y los voltajes y corrientes máximos. Las diferencias físicas se aprecian según el encapsulado en el que vienen fabricados.

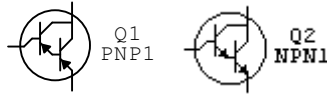


### 3.1.1 Transistores de Baja Potencia

Estos transistores presentan excelentes características para el manejo de señales pequeñas. Tienen ganancias típicas de  $\beta = 200$ , y se fabrican en diferentes encapsulados. Los metálicos son capaces de disipar más potencia y presentan una menor sensibilidad al ruido externo. El más empleado en circuitos sencillos es el 2N2222.

### 3.1.2 Transistores Darlington

Estos transistores se fabrican como dos transistores bipolares en cascada, y su símbolo representa dicha estructura.



Estos transistores presentan en general un voltaje base-emisor de 1.4 V, y su ganancia bordea los 4000. Sus aplicaciones más comunes se encuentran en aquellos circuitos que requieren controlar grandes corrientes ON-OFF (zona de saturación y corte del transistor solamente) mediante el uso de corrientes pequeñas (TTL, por ejemplo). Un interesante ejemplo de este tipo de transistores es el TIP121, que permite controlar corrientes importantes.

### 3.1.3 Transistores de Potencia

Los transistores de potencia tienen ganancias menores (50), pero son capaces de manejar corrientes mucho mayores. Este tipo de transistores se caracteriza además por tener espacio para un disipador en su encapsulado, lo cual aumenta significativamente la potencia que pueden disipar.

Estos transistores no pueden emplearse en paralelo para aumentar aún más su potencia, ya que a medida que aumentan su temperatura, disminuyen su resistencia; por lo tanto, el transistor que presenta una menor resistencia al principio termina asumiendo toda la corriente.

## 3.2 *Field Effect Transistors*

Si bien los transistores bipolares representan la espina dorsal de la electrónica lineal, los transistores de efecto de campo los aventajan en algunos aspectos. Presentan una altísima impedancia de entrada, por lo que la corriente en la puerta es casi nula. Otra ventaja que presentan es su aumento de resistencia con la temperatura. Esto hace posible conectar varios FET en paralelo para aumentar la potencia total; éstos controlarán automáticamente la corriente que circula a través de cada uno. La apariencia física de los

FET's es idéntica a la de los transistores, ya que se fabrican en los mismos tipos de encapsulado.

### 3.2.1 JFET

El FET de unión es el más sencillo de los FET. La desventaja de los FET es el no poseer mucha ganancia de tensión, por lo que no conviene su empleo aplicaciones que la requieran. Además requieren de tensiones negativas en la puerta para controlar apropiadamente la corriente.

### 3.2.2 MOSFET

Existen dos tipos de FET de semiconductor-óxido-metal: los de empobrecimiento y los de enriquecimiento. Los primeros pueden controlar las corrientes empleando voltajes positivos y negativos; para una corriente nula, requieren un voltaje negativo. En cambio, los de enriquecimiento emplean sólo tensiones positivas para el control de la corriente; para corriente nula, requieren voltaje nulo. Esta característica permite que cualquier compuerta lógica pueda controlar corrientes importantes mediante un MOSFET de enriquecimiento. Estos dispositivos son la base de la tecnología CMOS, la cual hace posible que existan los computadores.

## 3.3 Tiristores

Los tiristores utilizan un sistema de realimentación interna que permite activar o desactivar el paso de la corriente. Mediante este sistema, sólo las conmutaciones requieren de la aplicación de voltajes o corrientes en la entrada. Estas componentes no operan en zona lineal. Estos dispositivos se fabrican para grandes corrientes, desde 0.2 A hasta corrientes mayores que 1 kA, y son especialmente útiles en convertidores de potencia y corrección del factor de potencia.



### 3.3.1 SCR y TRIAC

El rectificador controlado de silicio es disparado con 0.7 V y una mínima corriente de entrada. Para que éste deje de conducir, debe circular a su través una corriente mínima. Existen además SCRs activados por luz. Los TRIACs actúan como dos SCRs en configuración antiparalelo, por lo que permiten el paso de corrientes en ambos sentidos.

### 3.3.2 IGBT

Los transistores bipolares de compuerta aislada (*insulated gate bipolar transistors*) combinan la alta impedancia de entrada de los MOSFETs con la alta capacidad de corriente y bajo voltaje de saturación de los transistores bipolares. Son similares a los dispositivos vistos anteriormente, con la diferencia que no requieren corrientes para ser activados; basta sólo con aplicar voltajes.

## IV. Circuitos Integrados

Los circuitos integrados o *chips* son conjuntos de transistores, resistencias y pequeños condensadores encapsulados en una misma pastilla. Existen millones de ellos, y cumplen las más diversas funciones. También cubren un rango de precios desde las decenas hasta los millones de pesos. En esta sección se pretende introducir al alumno en la gran variedad de circuitos integrados disponibles en el mercado.

## 4.1 Circuitos Integrados Lógicos

Este tipo de integrados no requiere una mayor discusión respecto de sus modelos y aplicaciones, debido a su masivo empleo en el curso de Laboratorio de Sistemas Digitales. Sin embargo, es conveniente hacer un breve repaso de las familias de circuitos lógicos que existen en el mercado.

Existen dos principales familias en el ámbito de los circuitos lógicos: los TTL (transistor-transistor logic) y los CMOS (complimentary MOS). En cuanto a distribución de los terminales y funciones, todas las familias son idénticas; sin embargo, operacionalmente tienen diferencias que se hacen notar en las situaciones límite voltaje y rapidez, y en su consumo. Dentro de estas familias, existen subfamilias que se identifican por las letras en la designación del integrado. Por ejemplo, en un 74LS00, la subfamilia es LS, es decir, *low power Shottky*. A continuación se detallan las diferentes subfamilias de circuitos lógicos.

- ALS: *Advanced Low power Shottky*, esta sub familia presenta gran rapidez y bajo consumo, y compite con la tecnología CMOS.
- C: Circuitos CMOS. Estos integrados tienen excelentes características de consumo dada su naturaleza. Sin embargo, son altamente sensibles, y cualquier sobrevoltaje (incluso la electricidad estática) los destruye con facilidad, por lo que deben ser manejados con precaución.
- F: *Fast TTL*, este tipo de TTL está optimizado para mejorar su velocidad de operación.
- H: Los *High power TTL* requerían un gran consumo para aumentar su velocidad. Ya casi no existen.
- HC: *High Speed CMOS*, esta sub familia mejoró las características de velocidad de los CMOS, pero mantiene su sensibilidad a las descargas eléctricas.
- L: *Low power*, estos dispositivos fueron creados como TTL de bajo consumo. Este tipo de dispositivos está obsoleto.
- LS: Los dispositivos *Low power Shottky* han tenido mucho éxito, ya que combinan características de bajo consumo y alta velocidad.

- S: Los TTL *Shottky* se fabrican empleando diodos Shottky para mejorar su rapidez. Esta sub-familia raramente se utiliza en la actualidad.

Otra consideración importante que hay que tener presente al trabajar con circuitos lógicos es conectar todas las entradas libres para evitar que el ruido las haga oscilar.

## **4.2 Microcontroladores y DSP**

Estos integrados han tenido gran importancia en los últimos años, dada su versatilidad, bajo costo y facilidad de programación. Diferentes compañías los desarrollan y promueven su empleo implementando librerías de software para rutinas comunes. Existe gran competencia en esta industria.

Los microcontroladores son circuitos integrados dotados de entradas, salidas, memoria y una unidad central de procesos capaz de realizar operaciones lógicas y aritméticas. Existen microcontroladores muy sofisticados, dotados de conversores análogo-digitales en sus entradas, sensores de temperatura, salidas PWM, salidas analógicas, etc. Los DSP o *Digital Signal Processor* son dispositivos orientados al procesamiento digital de señales, por lo que sus capacidades matemáticas superan en rapidez y rango a las realizadas por los microcontroladores. También cuentan con entradas y salidas analógicas.

Algunos microcontroladores se estudian en el curso de Microprocesadores y Laboratorio de Sistemas Digitales, por lo que se propone su estudio en base a lo aprendido en dichos cursos o a la bibliografía publicada en Internet por parte de los fabricantes de estos dispositivos (Microchip, Motorola, Texas Instruments, Intel, etc.). Finalmente, cabe destacar que en el Laboratorio Docente están disponibles los programadores de microcontroladores PIC (Microchip), que se caracterizan por su gran versatilidad y facilidad de programación.

### 4.3 Otros circuitos integrados

Existen muchos otros tipos de circuitos integrados, con usos, funciones y tecnologías de fabricación diferentes. Debido a su gran número, no es posible entregar un detalle de todos ellos. En esta sección se dan a conocer algunos ejemplos de los integrados más comúnmente utilizados en diferentes circuitos. Es tarea del alumno el investigar más acerca de cada uno de ellos mediante la lectura de las hojas de datos proporcionadas por los diferentes fabricantes.

555	Timer muy versátil de bajo costo. Permite aplicaciones como vibrador monoestable y aestado, generador de funciones, etc.
556	Dos 555 en una pastilla.
7805	Regulador de tensión a 5 V. En general, este tipo de reguladores se designan con 78XX para los de tensión positiva y 79XX para los de tensión negativa, donde XX es la tensión de salida.
LM317	Regulador de tensión ajustable, 2V-30V.
RC4200	Multiplicador (divisor) de voltajes.
CD4016	Switch electrónico comandado por voltajes.
LM311	Comparador de tensiones.
741	Amplificador operacional multipropósito.
TL071	Amplificador operacional de bajo ruido.
LF353	Dos amplificadores operacionales multipropósito en una pastilla.
TL084	Cuatro amplificadores operacionales en una pastilla.
DAC0808	Conversor digital análogo de 8 bits.
ADC0804	Conversor análogo digital de 8 bits.
LM35AH	Sensor de Temperatura de Precisión.
LM2907	Conversor de frecuencia a voltaje.

Así como se han descrito brevemente las funciones de algunos chips de ejemplo, existen muchos otros con funciones más específicas. Es tarea del alumno el averiguar acerca de éstos consultando la información entregada por los diferentes fabricantes.

## **V. Optoelectrónica**

En esta sección se estudian algunos dispositivos semiconductores generadores de luz o sensibles a ella, ya sea en su espectro visible o fuera de él. Al igual que otras secciones de este tutorial, esta es sólo una introducción a este tipo de dispositivos, donde se da a conocer al alumno acerca de la variedad de éstos y sus posibles usos. Es tarea del alumno investigar más al respecto.

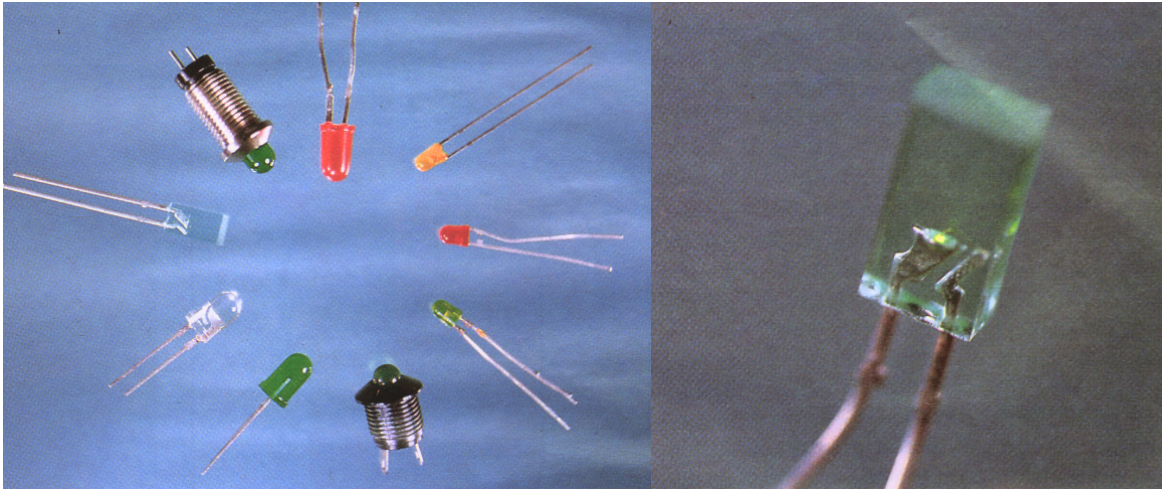
### **5.1 LED**

Los *light emitting diodes* o diodos emisores de luz se comportan como diodos convencionales, pero además tienen la capacidad de emitir luz cuando son polarizados en forma directa, según la intensidad de corriente que esté circulando. Su voltaje de polarización es mayor que en el caso de los diodos convencionales, y la corriente que circula a su través puede ser limitada mediante el empleo de una resistencia en serie (para 5 V de alimentación, una resistencia de 100  $\Omega$  a 470  $\Omega$  funcionará apropiadamente). Estos diodos generalmente se construyen a partir de un diodo de unión de arseniuro de galio (GaAs). Existen muchos tipos de LED, que se diferencian en tamaño, potencia, longitud de onda (color), y otras variables importantes. A continuación se dan a conocer algunos de ellos.

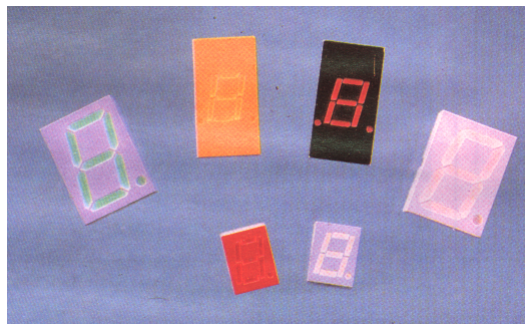
#### **5.1.1 LED de luz visible**

Estos tipos de LED se utilizan en casi cualquier aplicación electrónica que cuente con indicadores en un panel. Son de muy bajo costo, y los hay en variados colores y formas. Los más típicos son los LED rojos, verdes y amarillos en 5mm. En estos casos, existen 3 formas de identificar el ánodo (+) y el cátodo (-): El ánodo tiene el terminal más

largo. El cátodo es el terminal próximo a aquella parte del encapsulado que presenta una superficie plana. El cátodo presenta una estructura mayor dentro del encapsulado. Se recomienda a los alumnos notar estas 3 características al manipular un LED. En la figura se muestran algunos LEDs.

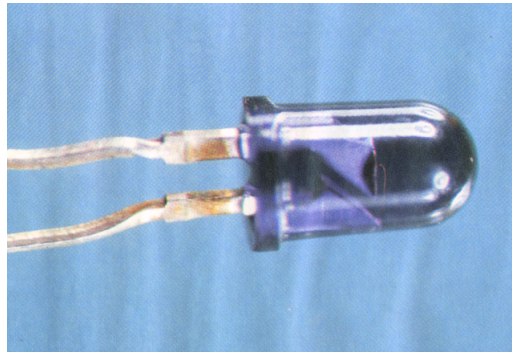


Existen LEDs bicolores y tricolores (2 o 3 LEDs en un mismo encapsulado), LEDs de alta luminosidad (tienen un lente que enfoca la luz hacia el frente, pueden ser utilizados para iluminar pequeñas superficies), arreglos de LEDs de 7 segmentos (para desplegar números o letras; pueden tener ánodo o cátodo común), etc.



### 5.1.2 LED de luz infrarroja

Este tipo de LEDs emite luz en el espectro infrarrojo. Sus aplicaciones más importantes se relacionan con los controles remotos, las comunicaciones inalámbricas a distancias cortas (5 m) y la detección del paso de un objeto entre éste y un fotodetector. Su apariencia es la de la figura.



### 5.1.3 Diodos láser

Estos diodos se constituyen a partir de un diodo de unión de GaAlAs (arseniuro de galio con impurezas de aluminio) y se emplean normalmente en las comunicaciones de grandes cantidades de información digital a distancia. La luz que emiten, caracterizada por ser coherente, en una sola dirección, se transmite a través de medios especialmente diseñados para ello (fibra óptica) y puede ser modulada a frecuencias altísimas (500 MHz), lo cual permite transmitir enormes volúmenes de información. Para realizar el acople óptico entre este tipo de diodos y una fibra óptica, se emplea un pequeño lente.

## 5.2 Sensores ópticos

Este tipo de sensores cambia sus propiedades eléctricas según la incidencia de luz sobre su material semiconductor. Su empleo es de uso masivo en la actualidad, y sus potenciales aplicaciones son ilimitadas. En esta sección se presentan algunos dispositivos que cumplen con estas características.

### 5.2.1 Fotodiodos

Estos dispositivos son parecidos a los diodos convencionales, compuestos por una unión P-N, pero se diferencian de ellos en que la cantidad de luz que incide sobre su material semiconductor controla el paso de la corriente eléctrica. Los hay en diversos

encapsulados y tipos. Hay algunos que se especializan en la detección de luz infrarroja, y pueden ser utilizados en conjunto con LEDs infrarrojos.

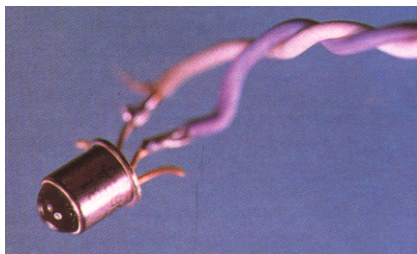
Una dispositivo muy útil que emplea un fotodiodo como elemento detector es el IRM-8410, fabricado por Everlight y comercializado en Chile por Victronics. Por un valor comercial que bordea los \$1000, este dispositivo es capaz de identificar cualquier señal luminosa infrarroja modulada a 38 kHz, generando una salida compatible con TTL según reciba o no la señal. Su uso típico se encuentra en los controles remotos, donde es capaz de detectar emisiones a 8 m de distancia, aunque también puede ser empleado en comunicaciones inalámbricas de corta distancia y baja tasa de transmisión.

Existen dispositivos compuestos por dos o cuatro fotodiodos de altísima calidad, que pueden ser empleados para detectar la dirección desde donde proviene la luz, según el porcentaje de incidencia de ésta en cada uno de sus cuadrantes. Estos sistemas requieren lentes especiales para concentrar la luz.



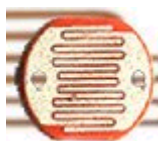
### 5.2.2 Fototransistores

Son muy parecidos en funcionamiento a los fotodiodos, con la diferencia que tienen una mayor ganancia, es decir, se requiere menos luz para hacer circular una mayor intensidad de corriente a su través. Algunos de estos dispositivos también poseen un terminal de entrada para la corriente de base, por lo que tienen dos fuentes de excitación. Su apariencia típica es la de la figura.



### 5.2.3 Fotorresistencias

Estos dispositivos son resistencias similares a las convencionales en cuanto a funcionamiento, con la diferencia que varían su valor dentro de un cierto rango según la incidencia de luz sobre ellas.

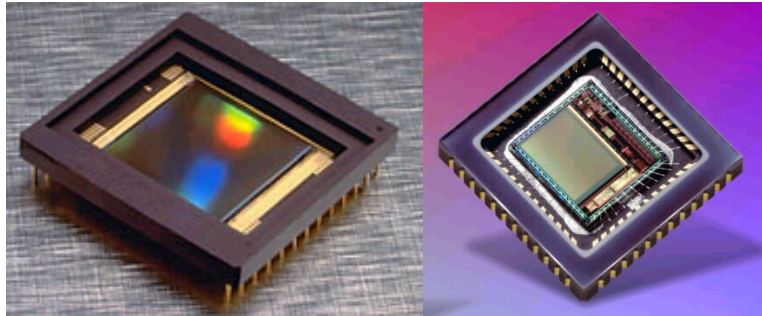


### 5.2.4 Cámaras CCD

Los CCD (*charge coupled devices*) son dispositivos consistentes en arreglos de celdas, cada una de las cuales puede almacenar una cierta carga eléctrica. Estos dispositivos se caracterizan por permitir descargar ordenadamente cada una de sus celdas a través de un terminal. Existen algunos CCD sensibles a la luz, los cuales constituyen una cámara CCD. Éstas tienen una ventana que da directamente a su zona fotosensible. Electrónicamente es posible realizar la operación de “abrir el obturador” y permitir un cierto tiempo de exposición controlado, durante el cual cada elemento fotosensible integrará la cantidad de luz que recibe. Posteriormente, se cierra el obturador en forma electrónica y se procede a descargar el CCD, con lo que se obtiene el valor analógico de tensión entregado por cada celda fotosensible. Cada una de ellas proporciona el valor de tensión específico para un pixel (*picture element*) del arreglo. Estos voltajes pueden ser convertidos en valores digitales y procesados en tiempo real por sistemas especialmente diseñados.

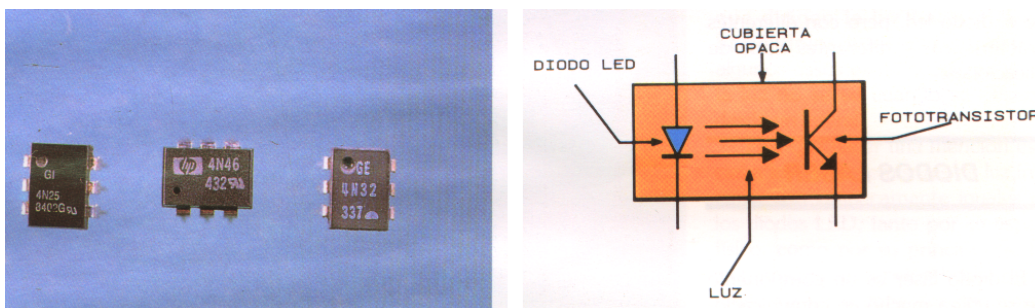
Estas cámaras CCD se utilizan en el creciente mercado de fotografía digital, aunque sus aplicaciones más interesantes están en el campo de las observaciones astronómicas. En estos casos, la calidad de estos dispositivos es optimizada, disminuyendo el ruido térmico

inherente en cualquier conductor mediante el enfriamiento de sus circuitos. También existen cámaras CCD especialmente orientadas a la industria. Algunas de ellas son lineales, y permiten procesar la información de un arreglo de píxeles de  $1 \times N$ , suficiente para muchos procesos de supervisión. Estos dispositivos se emplean en detectores de código de barra.



### 5.3 Optocuplas

Los optoacopladores u optocuplas son dispositivos constituidos por un LED y un fotodetector en el mismo encapsulado, aislados eléctricamente. La luz emitida por el LED al ser polarizado en forma directa es captada por el fotodetector, permitiendo su conducción. Estos dispositivos se emplean para acoplar dos circuitos con tierras totalmente independientes. Esto es útil cuando una de las tierras es muy ruidosa, o uno de los circuitos maneja miles de volts. Un uso típico de este tipo de circuitos integrados es el acoplamiento óptico para el control de un motor. Si el motor es controlado por un microcontrolador, éste requiere una tierra independiente, sin ruido. Este acoplamiento se logra mediante optocuplas.



Existen optocuplas abiertas, que detectan la presencia de un objeto entre el LED y el fotodetector. Éstas son empleadas en *encoders* ópticos (mouse, por ejemplo) y otras aplicaciones.

Una optocupla puede ser polarizada en su zona lineal, aunque sus usos más importantes son en niveles lógicos. Existen optocuplas compatibles con TTL o CMOS, y otras que cuentan con un fototransistor darlington para disminuir la cantidad de corriente requerida en el LED.

## **VI. Sensores Electrónicos**

En esta sección se entrega una visión general de los tipos de sensores electrónicos disponibles para aplicaciones de bajo costo. Además de los que se describen a continuación, existe un gran número de otros sensores más sofisticados que pueden ser encontrados en los catálogos de cada fabricante.

### **6.1 Acelerómetros**

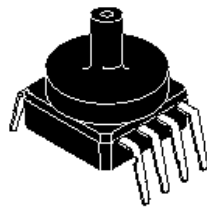
Estos sensores, de relativamente bajo costo, permiten detectar aceleraciones en los diferentes ejes en rangos muy variados. Sus posibles aplicaciones son los sistemas de navegación inercial, sensores de choque (airbag), sensores de inclinación, etc. Existen varias compañías que fabrican estos sensores. Su apariencia es la de un chip de encapsulado DIP, y en su montaje es muy importante la orientación física que éste tenga. La compañía Motorola los fabrica bajo el nombre genérico de *micromachines* o micromáquinas (dispositivos electromecánicos).

Existe otra clase de sensores orientada a medir movimientos, en este caso, en torno a un eje. Se fabrican genéricamente bajo el nombre de giróscopos, y generan una salida proporcional a la velocidad angular que experimenta en un determinado eje. Existen

muchas compañías que los fabrican, y entre sus aplicaciones se encuentra la compensación de movimientos en los helicópteros radiocontrolados.

## **6.2 Sensores de presión**

Este tipo de micromáquinas funciona como un puente de Wheatstone, donde uno o dos de sus componentes son sensibles a la presión. Existen sensores de presión absoluta y diferencial, en una gran variedad de rangos, y su salida puede ser sencilla, compensada, calibrada y acondicionada. Esta última es la más recomendada para la mayoría de las aplicaciones, dado que el costo adicional es mínimo y las mejoras en desempeño son formidables. Existen muchas compañías que comercializan estos sensores. Motorola tiene su serie MPX4000 o MPX5000, con dispositivos que cuestan U\$20 en Estados Unidos, capaces de entregar excelentes señales de presión.



## **6.3 Sensores de efecto Hall**

Son sensores capaces de detectar la presencia de imanes a 2 mm de distancia. Una de sus aplicaciones más frecuentes es la cuenta de revoluciones de un objeto parcialmente magnetizado. Estos sensores son de muy bajo costo, y tienen un excelente desempeño.



## 6.4 Sensores de temperatura

Existe una gran variedad de sensores de temperatura, tales como las termocuplas (estudiadas en el curso Laboratorio de Circuitos), sensores infrarrojos, termistores, etc. En realidad, cualquier dispositivo que cambie sus propiedades eléctricas ante cambios en la temperatura es un potencial sensor para esta variable. Los más extensamente utilizados son las termocuplas y los termistores.

### 6.4.1 Termocuplas

Cuando dos metales diferentes son unidos, una diferencia de potencial aparece en la unión. Esta diferencia depende de los metales empleados y la temperatura de la unión (efecto Seebeck, 1826). Existen dispositivos especialmente diseñados para captar esa diferencia de tensión; empleando posteriormente un puente de Wheatstone, es posible obtener la temperatura de la unión con gran exactitud.



### 6.4.2 Termistores

Son resistencias que varían su valor con los cambios de temperatura de un modo extremadamente no lineal. Son muy sólidos y pequeños, por lo que permiten monitorear la temperatura en prácticamente cualquier punto.



## **6.5 Sensores de Gas**

Existen sensores de gas para gases específicos (calidad del aire, monóxido de carbono, butano, nitrógeno) disponibles para montaje en PCB. Existen también sensores más sencillos que detectan la presencia de gases mediante ionización.

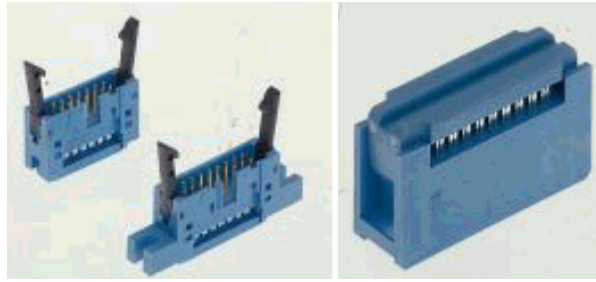


## **VII. Conectores y Disipadores**

Es una muy mala costumbre no tomar en cuenta estos dispositivos en el diseño de un circuito electrónico. Además de influir seriamente en las consideraciones mecánicas iniciales, muy importantes en el diseño de la PCB, también pueden tener repercusiones eléctricas en caso de escoger erróneamente alguno de estos dispositivos. Estas consideraciones deben estar presentes en todo momento durante el diseño de un circuito eléctrico.

### **7.1 Conectores**

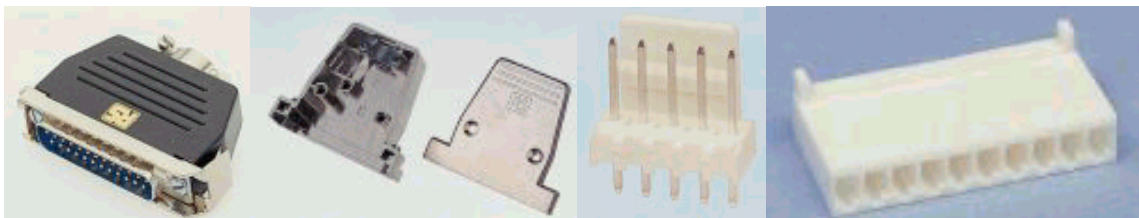
Los conectores facilitan el diseño de un circuito por partes, de modo de hacerlo modular; además, mejoran el orden y la calidad de las conexiones (eléctricas y mecánicas) de diferentes partes del circuito. Existen empresas que se dedican a fabricarlos, y el buen uso de éstos puede hacer la diferencia entre un buen circuito y un circuito defectuoso.



Existen muchos tipos de conectores. Hay conectores especiales para adaptar impedancias (BNC, SMA, etc.). Éstos son contruidos estructuralmente para presentar una impedancia característica fija, y son empleados en la conexión de cables para alta frecuencia, líneas de transmisión y antenas.



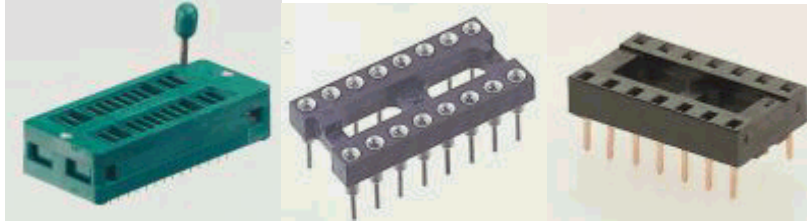
Existen conectores de uso computacional (9 pines, 25 pines), disponibles para cualquier aplicación en electrónica. También existen conectores diseñados para montaje en PCB (Molex), caracterizados por una conexión de buena calidad y gran solidez mecánica.



Hay conectores dotados de tornillos. Mediante su ajuste, es posible fijar o soltar los cables conectados a ellos. Se denominan genéricamente regletas, y muchos de ellos están diseñados para montaje en PCB.

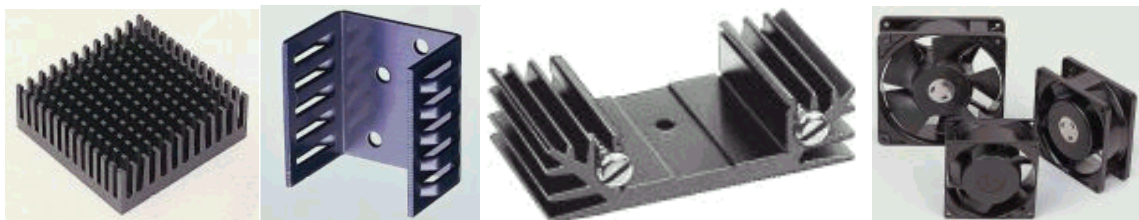


Finalmente, se pueden clasificar también como conectores las bases o zócalos sobre los cuales van montados los circuitos integrados en una PCB. Éstos protegen los chips contra la alta temperatura del soldador, y se recomienda su uso sólo en dispositivos no propensos al ruido.



## 7.2 Disipadores

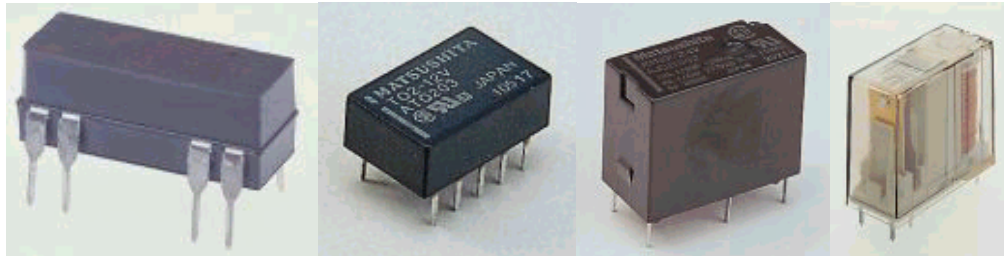
Los disipadores no pueden omitirse cuando se trabaja con integrados que generan mucho calor. Así como existen circuitos eléctricos, donde fluyen corrientes entre puntos de diferente potencial, también existen circuitos térmicos, donde el calor fluye entre temperaturas diferentes. Estos circuitos térmicos se modelan bajo las mismas ecuaciones que los circuitos eléctricos, y deben ser considerados en el cálculo del tamaño del disipador de los integrados que lo requieran. También existen ventiladores que mejoran aún más las características de disipación.



## VIII. Relés

Los relés (*relays*) son conmutadores comandados eléctricamente. Para activarlos, es necesario someter sus terminales al potencial nominal de conexión. Existe una infinidad de tipos de relés diferentes, caracterizados por la tensión que soportan, la corriente que puede circular por ellos y la conexión de sus terminales. Los relés, en general, permiten grandes

pasos de corriente a través de ellos, pero están muy limitados en frecuencia de conmutación.



## IX. Búsqueda de Literatura de Componentes Electrónicas

Todos los fabricantes de componentes electrónicos entregan la mayor cantidad de datos técnicos relacionados con sus productos. Para comenzar, permiten al diseñador escoger en un árbol de selección los diferentes productos disponibles, y una vez encontrados los productos buscados, es posible acceder a las hojas de datos (*datasheets*) de cada producto. Estas hojas incluyen toda la información técnica de la componente electrónica en estudio, y su lectura exhaustiva y posterior análisis son fundamentales para conocer los detalles importantes de la componente. Cada fabricante se preocupa de entregar la mayor cantidad de información posible en estas hojas, haciéndolas además fáciles de leer. De esta característica depende muchas veces la compra de una componente en particular. Cabe mencionar que si bien todas las hojas de datos incluyen datos parecidos, cada hoja de datos tiene su propia estructura y forma de presentar dichos datos.

El fabricante también se preocupa de facilitar la labor del diseñador eléctrico entregándole hojas con aplicaciones de sus productos (*application notes*, o *AN*). En ellas, se intenta mostrar las virtudes del producto aplicado en un sistema real, y la forma en que esto puede ser llevado a cabo. Mientras más aplicaciones tenga una componente, mayor es el respaldo que demuestra, con lo que se favorece tanto el fabricante como el diseñador. La lectura de las *AN* puede (y suele) ahorrar mucho trabajo a los ingenieros de diseño.

La gran mayoría de las *datasheets* y *application notes* están disponibles en la página Web del fabricante. Conviene siempre tenerlas a mano cuando se está trabajando en un circuito, tanto en su etapa de diseño como en su etapa de pruebas.

A continuación se entrega una lista con los nombres y direcciones de las páginas Web de algunos de los principales fabricantes de semiconductores en el mundo.

- AMD Advanced Micro Devices: <http://www.amd.com/>
- Analog Devices: <http://www.analog.com/>
- Burr-Brown: <http://www.burr-brown.com/>
- Cypress Semiconductors: <http://www.cypress.com/>
- Everlight Electronics: <http://www.everlight.com/>
- Exar: <http://www.exar.com/>
- Fairchild Semiconductor: <http://www.fairchildsemi.com/products/>
- Harris: <http://www.harris.com/>
- Intel: <http://www.intel.com/>
- Maxim Integrated Products: <http://www.maxim-ic.com/>
- Microchip Technology: <http://www.microchip.com/>
- Mitel Semiconductors: <http://www.mitel.com/>
- Motorola Semiconductor: <http://www.sps-mot.com/>
- Murata Electronics: <http://www.murata.com/>
- National Semiconductors: <http://www.national.com/>
- Nec Electronics: [http://www.ic.nec.co.jp/index\\_e.html](http://www.ic.nec.co.jp/index_e.html)
- Philips Semiconductors: <http://www-us2.semiconductors.philips.com/>
- SGS Thomson Microelectronics: <http://www.st.com/>
- Texas Instruments: <http://www.ti.com/>

## **X. Lugares de Adquisición de Componentes**

Existen muchos componentes comercializados en Chile por Victronics y Casa Royal; sin embargo, los componentes más específicos pueden ser adquiridos en RS o Farnell. Ellos son distribuidores de componentes con cobertura prácticamente global, y encargan los componentes solicitados al extranjero. Otra alternativa interesante es encargarlos directamente a distribuidores autorizados en Estados Unidos, pidiéndolos a una casilla en Miami. Esta alternativa puede ser a veces más rápida y económica.

Algunos distribuidores en Chile:

- Casa Royal. Fono: 632-2313.
- Victronics. Fono: 632-3302. <http://www.cepri.cl/victronics/>
- Farnell (Scandika Chile Limitada). Fono: 333-1912. <http://www.farnell.com/>
- RS Componentes. Fono: 335-1130. <http://www.rschile.cl/>

Algunos distribuidores en Estados Unidos:

- Allied Electronics: <http://www.alliedelec.com/>
- Arrow Electronics: <http://www.arrow.com/>
- Digi-key: <http://www.digi-key.com/>
- Jameco Electronics: <http://www.jameco.com/>
- Newark Electronics: <http://www.newark.com/>